

Опыт применения



От партнеров программы Natural Gas STAR

REPLACING GAS-ASSISTED GLYCOL PUMPS WITH ELECTRIC PUMPS

ЗАМЕНА ГЛИКОЛЕВЫХ НАСОСОВ С ГАЗОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ НА НАСОСЫ С ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ

Аннотация

Приблизительно 38 000 установок используются для осушки газа в газодобывающей отрасли. В большинстве таких установок применяется триэтиленгликоль (ТЭГ) в качестве абсорбирующей жидкости, которая прокачивается насосами через систему осушки. Операторы используют два типа циркуляционных насосов: гликолевые насосы с газовым двигателем, также называемые "насосами энергообмена", и насосы с электродвигателем.

Насосы с газовым двигателем - это обычные циркуляционные насосы, применяемые в отдаленных районах, где отсутствует электроснабжение. В основном, это пневматические насосы с газовым двигателем, специально разработанные для использования энергии природного газа высокого давления, который вместе с насыщенным (влажным) ТЭГ движется через абсорбер. Влажный дополнительный газ высокого давления необходим для увеличения механического сопротивления, и поэтому больше газовой метановой смеси подается к ТЭГ десорберу, где газ освобождается из насыщенного ТЭГ при испарении воды. Механическая конструкция таких насосов предусматривает, что влажный газ с ТЭГ высокого давления разделен с восстановленным ТЭГ низкого давления только резиновыми уплотнениями. Изношенные уплотнения приводят к загрязнению восстановленного ТЭГ и снижают эффективность осушки газа, при этом требуется более высокая скорость циркуляции гликоля. Обычные выбросы метана составляют приблизительно 1 000 фут.³ (28,3 м³) на каждый миллион фут.³ (28,3 тыс. м³) очищенного газа.

Замена насосов с газовым двигателем на насосы с электродвигателем повышает КПД установки и значительно снижает эмиссию. Например, установка осушки газа производительностью 10 млн. фут.³ в сутки (0,3 млн. м³) позволяет сэкономить до 3 000 тыс. фут.³ (85 тыс. м³) газа в год, стоимость которого составляет \$9 000.

Действие	Объем сэкономленного газа, тыс фут. ³ (тыс. м ³)/год	Стоимость сэкономленного газа, \$/год	Стоимость выполнения, \$	Окупаемость
Замена насосов с газовым двигателем на насосы с электродвигателем для гликолевых установок осушки газа	360 - 36 000 (10 - 1 019) на систему осушки ¹	1 080 - 108 000 ²	2 100 - 11 700	<2 месяцев до нескольких лет

¹ В зависимости от скорости циркуляции ТЭГ, и температуры и давления поступающего газа, как сообщалось партнерами Natural Gas STAR.
² При цене газа \$3/тыс. фут.³ (\$106/ тыс. м³)

Настоящий документ - один из отчетов серии "Опыт применения", разработанной EPA в сотрудничестве с газовой отраслью в рамках проектов программы Natural Gas STAR.

Большинство производителей газа используют триэтиленгликолевые (ТЭГ) установки осушки для обеспечения соответствия газа нормам качества, необходимого для его транспортировки по трубопроводу. ТЭГ прокачивается по системе осушки насосами, приводимыми в действие электродвигателем, поршнем или турбодвигателем. Последний называют насосом "с газовым двигателем" или "энергообменным" насосом. На некоторых предприятиях может использоваться сочетание систем насосов с газовым и электрическим двигателями.

Процесс осушки газа включает следующие стадии:

- ★ Влажный природный газ поступает в абсорбер, где поднимается вверх, проходя через систему тарелок, по которым стекает концентрированный раствор триэтиленгликоля.
- ★ Раствор ТЭГ поглощает пары воды и некоторое количество метана из потока природного газа, превращаясь в "насыщенный ТЭГ".
- ★ Сухой газ поступает в трубопровод товарного газа.
- ★ Десорбер, работающий при атмосферном давлении, восстанавливает ТЭГ, нагревает гликоль для отделения поглощенных воды, метана и других загрязняющих примесей, которые выбрасываются в атмосферу.
- ★ Восстановленный раствор ТЭГ закачивается назад до давления абсорбера и впрыскивается в его верхней части.

На рис. 1 изображена типовая система осушки газа с помощью гликолевого абсорбента. Вентиляционный патрубок на десорбере/регенераторе гликоля является главным источником эмиссии метана в атмосферу. Снижение эмиссии метана достигается снижением объема влажного газа, подаваемого дополнительно. Насыщенный ТЭГ восстанавливается в десорбере. Существуют три способа снижения содержания метана в потоке ТЭГ:

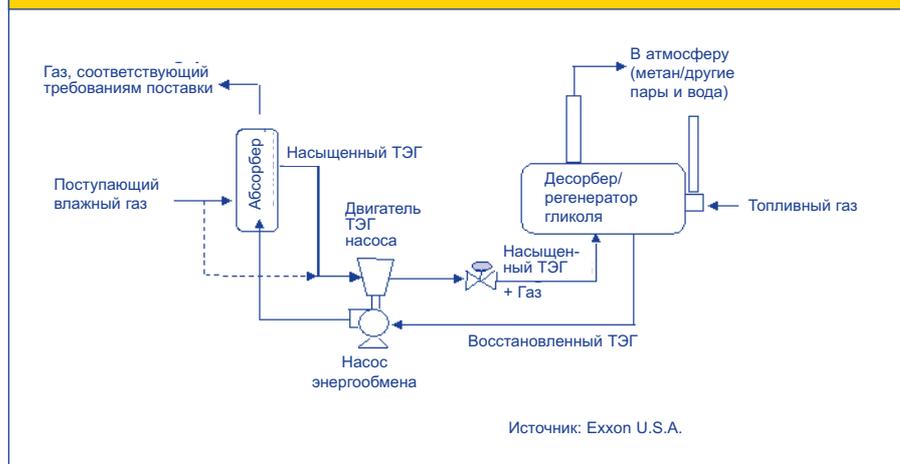
- ★ Снижение скорости циркуляции ТЭГ.
- ★ Монтаж испарителя на линии осушки.
- ★ Замена насосов с газовым двигателем насосами с электродвигателем.

Замена насосов с газовым двигателем насосами с электродвигателем является предметом данного отчета по опыту применения. Другие варианты снижения выбросов метана обсуждаются в отчете EPA *Optimize Glycol Circulation and Install Flash Tank Separators in Glycol Dehydrators* / "Оптимизация циркуляции гликоля и применение сепараторов-расширителей при гликолевой дегидратации" серии "Опыт применения".

Насосы с газовым двигателем

Самый типичный циркуляционный насос, используемый в системах осушки, это гликолевый насос с газовым двигателем. На рис. 2 приведен пример широко известного насоса поршневого типа. Этот механический насос предназначен специально для использования насыщенного ТЭГ и природного газа высокого давления в качестве источника энергии. В соответствии с конструкцией гликолевые насосы систем осушки способствуют увеличению выбросов при движении газа вместе с насыщенным ТЭГ к десорберу. Основной принцип работы насоса описывается ниже:

Рис. 1: Схема устройства осушки



- ★ Природный газ высокого давления, обогащенный ТЭГ от абсорбера (плюс дополнительный влажный газ высокого давления), расширяясь, вследствие перепада давлений абсорбера (200 - 800 фунт/дюйм²) (14,06 - 56,24 кг/см²) и десорбера (0 фунт/дюйм²), давит на поршень главного цилиндра.
- ★ С другой стороны, этот же поршень в цилиндре низкого давления толкает ТЭГ к абсорберу с высоким давлением.
- ★ Поршень газового двигателя симметрично соединен с таким же поршнем, вытесняющим насыщенный ТЭГ низкого давления к десорберу и одновременно восстановленный ТЭГ низкого давления из десорбера.
- ★ В конце хода поршня золотниковые клапаны меняют положение управляющего поршня, сжимая насыщенный ТЭГ высокого давления. Обратные клапаны предотвращают проток на всасывании и нагнетании в цилиндре с восстановленным ТЭГ.
- ★ Затем поршни перемещаются в противоположном направлении, при этом, с одной стороны, расширяется газ с насыщенным ТЭГ, вытесняя восстановленный ТЭГ к абсорберу, а с другой, толкает насыщенный ТЭГ низкого давления в десорбер, способствуя выходу из него восстановленного ТЭГ низкого давления.
- ★ Насыщенная ТЭГ смесь вместе с природным газом низкого давления со стороны газового двигателя идет к десорберу, где увлеченный газ освобождается, а вода выпаривается из раствора с ТЭГ.
- ★ Водяной пар и отделенная газовая смесь метана и других загрязняющих примесей углеводородного газа (летучие органические соединения и вредные примеси) выбрасываются в атмосферу.
- ★ В конце каждого хода поршня движение потока меняется, и насыщенный ТЭГ высокого давления толкает поршень назад.

Этот тип насоса имеет особенности конструкции, заключающиеся в том, что газ очень высокого давления добавляется к абсорбированному насыщенным ТЭГ газу (около двух объемов на один) для обеспечения механического усилия двигателя. Это значит, что насос с газовым двигателем пропускает примерно в три раза больше газа на десорбер, чем насос с электрическим двигателем. Кроме того, в насосах с газовым двигателем влажный газ, обогащенный ТЭГ и находящийся под высоким давлением, в четырех местах может перетекать в области восстановленного ТЭГ низкого давления, причем они разделяются поршневыми кольцами и сальниковыми уплотнениями штоков. Поскольку поршневые кольца и сальниковые уплотнения постепенно изнашиваются, насыщенный ТЭГ просачивается, загрязняя восстановленный ТЭГ. Это загрязнение снижает его способность абсорбировать воду и понижает КПД системы. Со временем загрязнение возрастает, и газ не отвечает требованиям, предъявляемым к газу, подаваемому по трубопроводу (обычно 4-7 фунтов воды на млн. фут.³ (1,8-3,2 кг воды на 28,3 тыс. м³)).

Для того, чтобы восстановленный с 0,5 % загрязнением ТЭГ обеспечивал нормальную осушку, необходимо повысить в два раза скорость его циркуляции. В некоторых случаях операторы вынуждены обеспечивать ускоренную циркуляцию ТЭГ, когда КПД установки осушки снижается, но это, в свою очередь, приводит к большим потерям газа.

Экономические и экологические выгоды

Насосы с электродвигателем

В отличие от насосов с газовым двигателем, насосы с электродвигателем создают меньше выбросов благодаря конструктивным особенностям, не загрязняют восстановленный ТЭГ. Насосы с электродвигателем лишь перемещают поток насыщенного ТЭГ, при этом насыщенный ТЭГ вследствие падения давления движется прямо в десорбер и содержит только растворенный метан и углеводороды. На рис. 2 показан пример гликолевого насоса с электродвигателем.



Источник: Kimray, Inc.

Использование насосов с электродвигателем в качестве альтернативы насосам с газовым двигателем может принести значительные экономические и экологические выгоды, включая:

- ★ **Прибыль при инвестировании вследствие снижения потерь газа.** Использование гликолевых насосов с газовым двигателем снижает выбросы метана на одну треть и более. Весь влажный технологический газ осушается в системе и продается. Во многих случаях стоимость замены может быть покрыта менее, чем за 1 год.
- ★ **Увеличение эксплуатационного КПД.** Изношенные уплотнительные кольца в гликолевых насосах с газовым двигателем могут вызывать загрязнение потока восстановленного ТЭГ в установке осушки, понижая тем самым КПД системы, при этом увеличивается скорость циркуляции гликоля и, соответственно, эмиссия метана. Конструкция насосов с электродвигателем позволяет устранить возможность такого загрязнения и таким образом увеличить эксплуатационный КПД системы.
- ★ **Снижение эксплуатационных расходов.** Замена гликолевых насосов с газовым двигателем приводит к снижению годовых эксплуатационных расходов. Уплотнительные поршневые кольца в насосах с газовым двигателем должны заменяться, когда они начинают разрушаться и создавать возможность утечек, обычно через каждые 3-6 месяцев. Необходимость этой замены устраняется при использовании насосов с электродвигателем.

★ **Снижение затрат при выполнении нормативов.** Затраты на выполнение федеральных норм США по вредным загрязнителям атмосферы (HAPs) можно сократить, применяя насосы с электродвигателем. Выбросы вредных загрязнителей атмосферы из установки осушки, включая летучие органические соединения типа бензола, толуола, этилбензола и ксилола (BTEX), значительно ниже в системах, использующих насосы с электродвигателем.

Можно использовать методику, включающую пять этапов, для оценки эффективности замены гликолевых насосов с газовым двигателем на насосы с электродвигателем. Каждый этап требует эксплуатационных данных для точного отражения условий на объекте, где производится оценка.

Этап 1: Определить, имеется ли источник электроснабжения.

Электроэнергия для двигателя электронасоса может покупаться у местного энергопроизводителя или производиться на месте с использованием приобретаемого или попутного газа. Если источник электроэнергии имеется или может быть получен экономически выгодным способом, оператор должен перейти к Этапу 2. Когда нет источника электроэнергии, гликолевый насос с газовым двигателем может быть единственной альтернативой. Комбинированные гидравлические и электрические насосы можно применять в условиях, где есть только однофазное напряжение, стоимость энергии высока или ее недостаточно для работы мощного электродвигателя. В комбинированном насосе в двигателе гидравлического шестеренного насоса используется жирный гликоль высокого давления; небольшой однофазный электродвигатель дополнительно устанавливается и заменяет работу обводного влажного газа в насосе с газовым двигателем. В любом случае, использование простого в обслуживании, производительного насоса соответствующего типоразмера, создающего необходимую скорость циркуляции, может свести до минимума потери газа.

Этап 2: Определить подходящий типоразмер насоса с электродвигателем. Имеется ряд насосов с электродвигателями, которые отвечают эксплуатационным требованиям, отражающим специфику производства.

Электрические насосы ТЭГ могут приводиться в действие источником напряжения переменного или постоянного тока, однофазным или трехфазным, частотой 60 Гц или 50 Гц. Можно выбрать насосы с переменной или постоянной эксплуатационной скоростью.

Производительность насосов изменяется в диапазоне от 10 до 10 000 галлонов в час (37,85 - 37 850 л/час).

Пять этапов для оценки использования насосов с электродвигателем

1. Определить, имеется ли источник электроэнергии.
2. Определить подходящий типоразмер насоса с электродвигателем.
3. Оценить капитальные, производственные и эксплуатационные затраты.
4. Оценить объем и стоимость экономии газа.
5. Вычислить чистую экономическую выгоду от замены.

Необходимый типоразмер насоса для системы водоотделения должен рассчитываться на основании скорости циркуляции и рабочего давления в системе. На рис. 3 показано, как вычислить мощность (мощность на валу или приводную мощность), необходимую для насоса с электродвигателем, на основании типовой информации о системе.

Рис. 3: Определение мощности насоса

Дано:

Q = скорость циркуляции (в галлонах в минуту) = 5 гал./мин (18,9 л/мин)

P = давление (фунт/дюйм²) = 800 фунт/дюйм²

E = КПД = 0,85

Расчет:

$$\begin{aligned} \text{BHP (Мощность на валу)} &= (Q \times P / 1,714) \times (1/E) \\ &= (5 \times 800 / 1,714) \times (1/0,85) \end{aligned}$$

$$\text{BHP (Мощность на валу)} = 2,75$$

В примере, показанном на рис. 3, оператору потребуется насос мощностью по крайней мере 2,75 л.с., поэтому необходимо выбрать насос следующего имеющегося типоразмера (т.е. насос мощностью 3,0 л.с.).

Оператор может приобрести более мощный насос, чем рассчитанный по вышеприведенной формуле. Насос большего типоразмера обеспечивает дополнительные возможности, при необходимости увеличивать скорость циркуляции гликоля для переработки поступающего газа с более высоким содержанием воды или соответствия более строгим характеристикам на выходе. Имеются также электронасосы с переменной скоростью. Хотя более мощные насосы или насосы с переменной скоростью могут стоить дороже, но они обеспечивают дополнительную меру безопасности, гибкости и позволяют разрешать нестандартные ситуации.

Этап 3: Оценить капитальные, производственные и эксплуатационные затраты. Затраты, связанные с электронасосами, включают средства на закупку, установку, эксплуатацию и техобслуживание оборудования.

(а) Затраты на закупку и установку

Насосы с электродвигателем могут стоить от \$1 100 до \$10 000, в зависимости от мощности агрегата. На рис. 4 представлен диапазон стоимости насосов с электродвигателем разных типоразмеров, обычно используемых для гликолевых установок осушки газа.

Операторы должны также учитывать затраты на установку электродвигателя, при оценке общих технико-экономических показателей. Необходимо выделять 10 % капитальных затрат на монтаж оборудования. Координация замен с запланированными перерывами на техобслуживание может минимизировать затраты на монтаж.

Рис. 4: Капитальные затраты на насосы с электродвигателем

Типоразмер электродвигателя насоса (мощность на валу)	0,25	0,50	0,75	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0	7,5	10
Стоимость насоса и электродвигателя, \$	1 100	1 150	1 200	1 260	1 300	1 370	1 425	2 930	3 085	3 250

Источник: Kimray, Inc.

(b) Производственные и эксплуатационные затраты

Начальная эксплуатационная стоимость насоса с электродвигателем - это электроэнергия, необходимая для запуска агрегата. В целом, мощность в киловаттах (кВт), требуемая для работы насоса, почти такая же, как мощность на валу. Например, насосу с мощностью на валу 3,0 потребуется около 3,0 кВт для работы.

В 2003 году средняя цена электроэнергии в торгово-промышленных секторах составляла \$0,046 - \$0,075 за киловатт-час (кВтч) в масштабе всей страны; произведенная на участке электроэнергия стоит примерно \$0,02 за кВтч. Если затраты на электроэнергию принимаются примерно равными \$0,06 за кВтч, сметная себестоимость покупной энергии для насоса с мощностью на валу 3,0 составила бы \$1 600 в год (3,0 кВт x 8 760 час/год x \$0,06/кВтч). Стоимость произведенной на участке электроэнергии будет составлять около \$525 в год (3,0 кВт x 8 760 час/год x \$0,02/кВтч).

Обычные эксплуатационные расходы для гликолевых насосов с газовым двигателем составляют от \$200 до \$400 в год. Издержки на техническое обслуживание и ремонт прежде всего связаны с заменой уплотнительных колец и оплатой стоимости труда. Обычно, такую замену необходимо проводить один раз через каждые три - шесть месяцев.

Насосы с электродвигателем обычно приводятся в действие редуктором. В них нет деталей с возвратно-поступательным ходом поршня, и их работа не зависит от эластичных, скользящих деталей, поршней, обратных клапанов или внутренних уплотнительных колец, которые подвержены износу, старению и со временем требуют замены. В результате, эксплуатационные расходы на насосы с электродвигателем в целом меньше, чем эксплуатационные расходы на гликолевые насосы с газовым двигателем. Годовые расходы на насосы с электродвигателем составляют около \$200 в год и включают заработную плату, затраты на расходные материалы (смазка и уплотнения) и проверку.

Этап 4: Оценить объем и стоимость экономии газа. Поскольку насосы с электродвигателем не используют метан в качестве рабочей среды, экономия от установки насоса с электродвигателем равна экономии от предотвращения утечек из насоса с газовым двигателем, который заменяется. Объем выбросов, который можно избежать, умножается на рыночную цену газа для определения полной стоимости сэкономленного газа. Заметим, что если установка осушки газа на гликоле имеет эффективную систему осушки всего газа, то экономия газа не может служить достаточным основанием для установки насоса с электродвигателем.

(а) Оценка выбросов метана из насоса с газовым двигателем

Оценка выбросов - это двухстадийный процесс, который состоит из вычисления коэффициента выбросов для технологических параметров агрегата (давления, температуры, влажности) и умножения показателя выбросов агрегата на коэффициент использования (объем газа, очищаемого ежегодно). На рис. 5 приведены формулы для расчета возможных выбросов метана из насосов с газовым двигателем и, следовательно, возможной экономии метана от замены насоса с газовым двигателем насосом с электродвигателем.

Рис. 5: Оценка выбросов метана из гликолевых установок осушки¹

Шаг 1: Вычислить коэффициент выбросов

Дано:

EF = Коэффициент выбросов (стандартные кубические футы выделенного природного газа/млн. фут.³ очищенного газа)

PGU = Использование газа насосом (стандартные кубические футы выделенного природного газа/галлон ТЭГ)²

G = соотношение гликоль-вода (галлоны ТЭГ/фунты удаленной воды)³

WR = Количество удаления воды на единицу объема газа (фунты удаленной воды/млн. фут.³ очищенного газа)

OC = Кратность дополнительной циркуляции

Вычислить:

$$EF = PGU \times G \times WR \times OC$$

Шаг 2: Вычислить общие выбросы

Дано:

TE = Общие выбросы

AF = Коэффициент использования (млн. фут.³ газа, очищаемого ежегодно)

Расчет:

$$TE = EF \times AF$$

¹ Методы вычисления и стандартные величины представлены в отчете EPA *Optimize Glycol Circulation and Install Flash Tank Separators in Glycol Dehydrators!* "Оптимизация циркуляции гликоля и применение сепараторов-расширителей при гликолевой дегидратации" серии "Опыт применения".

² Промышленное эмпирическое правило: 3 фут.³/гал. для насоса с газовым двигателем, 1 фут.³/гал. для насоса с электродвигателем; разность составляет 2 фут.³/гал.

³ Промышленное эмпирическое правило: 3 галлона ТЭГ/фунт воды.

Операторы часто знают или могут вычислить коэффициент использования и соотношение гликоль-вода для насосов. Чтобы определить количество воды, которую необходимо удалить (WR), можно использовать Приложение А, в котором представлены эмпирически полученные зависимости. Зная температуру газа на входе и давление в системе, можно определить содержание насыщенной воды, которой будет соответствовать значение в точке пересечения кривой давления и температурной кривой. Количество удаленной воды (WR) определяется вычитанием из значения влагосодержания 4 - 7 фунтов/млн. фут.³ воды. Ограничение на влагосодержание в 4 - 7 фунтов/млн. фут.³ определяется рабочими характеристиками трубопровода по влажности газа в потоке.

Чтобы подсчитать кратность дополнительной циркуляции, используется отношение 1:1 (ОС = 1), если нет дополнительной циркуляции, и отношение 2,1:1 (ОС = 2,1), если она присутствует. Эти отношения, как сообщает Институт исследования газа, определены как средние измеренных отношений циркуляции для 10 работающих систем осушки.

Далее рассмотрены два примера определения количества удаленной воды (WR), коэффициентов выбросов (EF) и общих выбросов (TE). В каждом примере показан диапазон экономии на основе двух различных допущений относительно поступающего газа. В примере 1 представлен поток газа высокого давления, в примере 2 - поток газа низкого давления.

Пример 1: Поток газа высокого давления:

В этом примере система осушки работает при давлении на входе 800 psig (56,24 кг/см²), температуре 94°F (34°C) и соотношении гликоль-вода 3,0 галлонов ТЭГ (11,4 л) на фунт отделенной воды. Используя Приложение А определяем содержание насыщенной воды для потока газа считыванием соответствующего значения в точке пересечения 800 psig (56,24 кг/см²) и 95°F (35°C). В этом примере содержание воды составляет около 60 фунтов на млн. фут.³ (960 кг/млн. м.³). Вычтя из этого числа 7 фунтов/млн. фут.³ (112 кг/млн. м.³) (требуемый норматив трубопровода), получим 53 фунта (24 кг) воды, которая должна быть удалена из потока газа и поглощена ТЭГ. Коэффициент использования газа насосом равен 2 стандартным кубическим футам (0,06 м³) природного газа на галлон ТЭГ.

Применяя эти данные в формуле для определения коэффициента выбросов, получим 318 - 668 стандартных кубических футов (8,9 - 18,8 м³) газа, выделяющегося на каждый млн. фут.³ очищенного газа. Допустим, что установка осушки перерабатывает 10 млн. фут.³ (280 тыс. м³) влажного газа ежедневно, тогда дополнительный объем извлеченного газа составит 1 160 - 2 440 тыс. фут.³ (32,8-69,1 тыс. м³) в год. На рис. 6 подводится итог этого примера.

Рис. 6: Пример 1: Определение выбросов метана из гликолевой установки осушки газа, газ подается под высоким давлением 800 psig (56,24 кг/см²)

Где:

EF = Коэффициент выбросов (стандартные кубические футы выделившегося природного газа/млн. фут.³ очищенного газа)
PGU = Коэффициент использования газа насосом (стандартные кубические футы выделившегося природного газа/галлон ТЭГ)
G = Соотношение гликоль-вода (галлоны ТЭГ/фунт удаленной воды)
WR = Количество удаления воды на единицу объема газа (фунты удаленной воды/млн. фут.³ очищенного газа)
OC = Кратность дополнительной циркуляции
TE = Общие выбросы
AF = Коэффициент использования (млн. фут.³ в сутки очищенного газа)

Дано:

PGU = 2 стандартных кубических фута выделившегося природного газа/галлон ТЭГ
G = 3,0 галлона ТЭГ/фунт. удаленной воды
WR = 53 фунта удаленной воды/млн. фут.³ очищенного газа
OC = 1:1 до 2,1:1
AF = 10 млн. фут.³ в сутки очищенного газа

Расчет:

EF = PGU x G x WR x OC
= 2 x 3,0 x 53 x (диапазон: 1 - 2,1)
= 318 - 668 стандартных кубических футов/млн. фут.³ (8,9-18,8 м³)
TE = EF x AF
= (318 - 668) x 10
= (3 180 - 6 680) фут.³ в сутки x 365 дней/год ÷ 1 000 фут.³/тыс. фут.³
= 1 160 - 2 440 тыс. фут.³/год

Пример 2: Поток газа низкого давления:

В системе используется давление на входе 300 psig (21,1 кг/см²), температура 94°F (34°C) и соотношение гликоль-вода 3,0 галлона (11,4 л) ТЭГ на фунт отделенной воды. Вновь обращаясь к кривым Smith Industries (Приложение А), получим содержание воды около 130 фунтов на млн. фут.³ (2 080 кг/млн. м.³). Поэтому 123 фунта (55,9 кг) воды должны быть удалены из потока природного газа и поглощены ТЭГ, чтобы газ соответствовал стандарту газа, подаваемого по трубопроводу. В этом примере размер насоса - 3,0 ВНР (мощность на валу), а коэффициент использования газа насосом - 2,8 стандартных кубических футов (0,08 м³) испускаемого природного газа на галлон (3,8 л) ТЭГ. С помощью формулы определяется коэффициент выбросов (EF), составляющий 1,03 - 2,17 тыс. фут.³/млн. фут.³ (0,029 - 0,06 тыс. м.³/млн. м.³). Допустим, установка осушки перерабатывает 10 млн. фут.³ (0,28 млн. м.³) влажного газа ежедневно, тогда дополнительный объем извлеченного газа составит 3 760 - 7 921 тыс. фут.³ в год (105,4 - 221,8 м³). В Приложении 7 подводится итог этого примера.

Рис. 7: Пример 2: Определение выбросов метана из гликолевой установки осушки с поступающим газом низкого давления 300 psig (21,1 кг/см²)

Обозначения:

EF = Коэффициент выбросов (стандартных кубических футов выделившегося природного газа/млн. фут.³ очищенного газа)

PGU = Коэффициент использования газа насосом (стандартный кубический фут) выделившегося природного газа/галлон ТЭГ)

G = Соотношение гликоль-вода (галлонов ТЭГ/фунт удаленной воды)

WR = Количество удаления воды на единицу объема газа (фунт удаленной воды/млн. фут.³ очищенного газа)

OC = Кратность дополнительной циркуляции

TE = Общие выбросы

AF = Коэффициент использования (млн. фут.³ в сутки очищенного газа)

Дано:

PGU = 2,8 стандартных кубических футов выделившегося природного газа/галлон ТЭГ (0,07 м³)

G = 3,0 галлона ТЭГ/фунт удаленной воды (11,4 л)

WR = 123 фунта удаленной воды / млн. фут.³ очищенного газа (55,7 кг)

OC = 1:1 - 2,1:1

AF = 10 млн. фут.³ в сутки очищенного газа (280 тыс. м³)

Расчет:

EF = PGU x G x WR x OC = 2,8 x 3,0 x 123 x (диапазон: 1 - 2,1) = 1 030 - 2 170 стандартных кубических футов/млн. фут.³ (28,9 - 61 м³)

TE = EF x AF = (1030 - 2170) x от 10 = 10,300 - 21,700 стандартных кубических футов в сутки x 365 дней/год ÷ 1000 стандартных кубических футов/тыс. фут.³ = 3 760 - 7 921 тыс. фут.³/год (105,4 - 221,8 м³)

(b) Вычислить стоимость экономии метана

Чтобы определить полную стоимость экономии метана, умножьте величину снижения общих выбросов на цену газа. При стоимости газа \$3,00 за тыс. фут.³ (\$106/ тыс. м³) в примерах с высоким и низким давлением, представленных выше, достигается значительная годовая экономия. Увеличение продаж газа, полученного в системе высокого давления, составит от \$3,480 до \$7,320 в год, в то время как в системе низкого давления - от \$11,280 до \$23,760 в год.

Этап 5: Вычислить чистую экономическую выгоду от замены.

Чтобы подсчитать чистую экономическую выгоду от замены гликолевого насоса с газовым двигателем насосом с электродвигателем, следует сравнить стоимость сэкономленного газа со стоимостью насоса с электродвигателем вместе со стоимостью электроэнергии, эксплуатации и техобслуживания.

Как правило, если стоимость электроэнергии превышает стоимость не утерянного метана, предупредительных работ и техобслуживания, замена гликолевого насоса с газовым двигателем не может быть обоснована только с точки зрения экономии. Однако, даже в таких случаях такие факторы, как низкая степень взаимного загрязнения и экологические преимущества (например, сниженные выбросы летучих органических соединений и вредных загрязнителей атмосферы) могли бы сделать насосы с электродвигателем привлекательными на некоторых объектах.

На следующем рисунке приведен пример, соответствующий этапу 4 для установки низкого давления, с целью демонстрации операторам, которые покупают электроэнергию, как можно получить некоторые экономические выгоды.

Рис. 8: Экономическая выгода от замены гликолевого насоса с газовым двигателем насосом с электродвигателем - пример поступающего газа низкого давления

Объем газа, сэкономленного за год, тыс. фут. ³ (тыс. м ³)	Стоимость газа, сэкономленного за год ¹	Стоимость насоса с электродвигателем мощностью 0,3 ²	Стоимость электроэнергии за год	Техобслуживание и ремонт насоса с электродвигателем, \$/год	Техобслуживание и ремонт насоса с газовым двигателем, \$/год	Окупаемость в месяцах
3 760 - 7 921 (106,5 - 2243)	\$11 280 - \$23 763	\$1 853	\$1 576	200	400	2 - 4

¹ При стоимости газа \$3,00 за тыс. фут.³ (\$106/ тыс. м³).

² Включая капитальные затраты и стоимость установки, которая для этого примера принята равной 30 % от капитальных затрат.

Важно отметить, что насосы большой мощности требуют больших начальных инвестиций и высоких затрат на электроэнергию, что приводит к более длительным периодам окупаемости. Поэтому важно правильно определить необходимый типоразмер насоса и обеспечивать оптимальную скорость циркуляции ТЭГ.

Кроме того, при рассмотрении экономии от полной замены, операторы должны учитывать время на ее проведение. Старые гликолевые насосы с газовым двигателем в конце их срока службы обычно лучше заменять насосами с электродвигателем. Насосы с газовым двигателем, которые не выработали свой срок службы, но стали требовать более частого текущего ремонта в результате усиления загрязнения, также могут заменяться.

Экономия, о которой сообщают партнеры

Один из партнеров Natural Gas STAR сообщил об извлечении в среднем 15 000 тыс. фут.³/год (424,7 тыс. м³/год) метана после замены четырех гликолевых насосов с газовым двигателем насосами с электродвигателем. При цене \$3,00 за тыс. фут.³ (\$106/ тыс. м³) это составило в среднем \$45 000 от продаж дополнительного продукта.

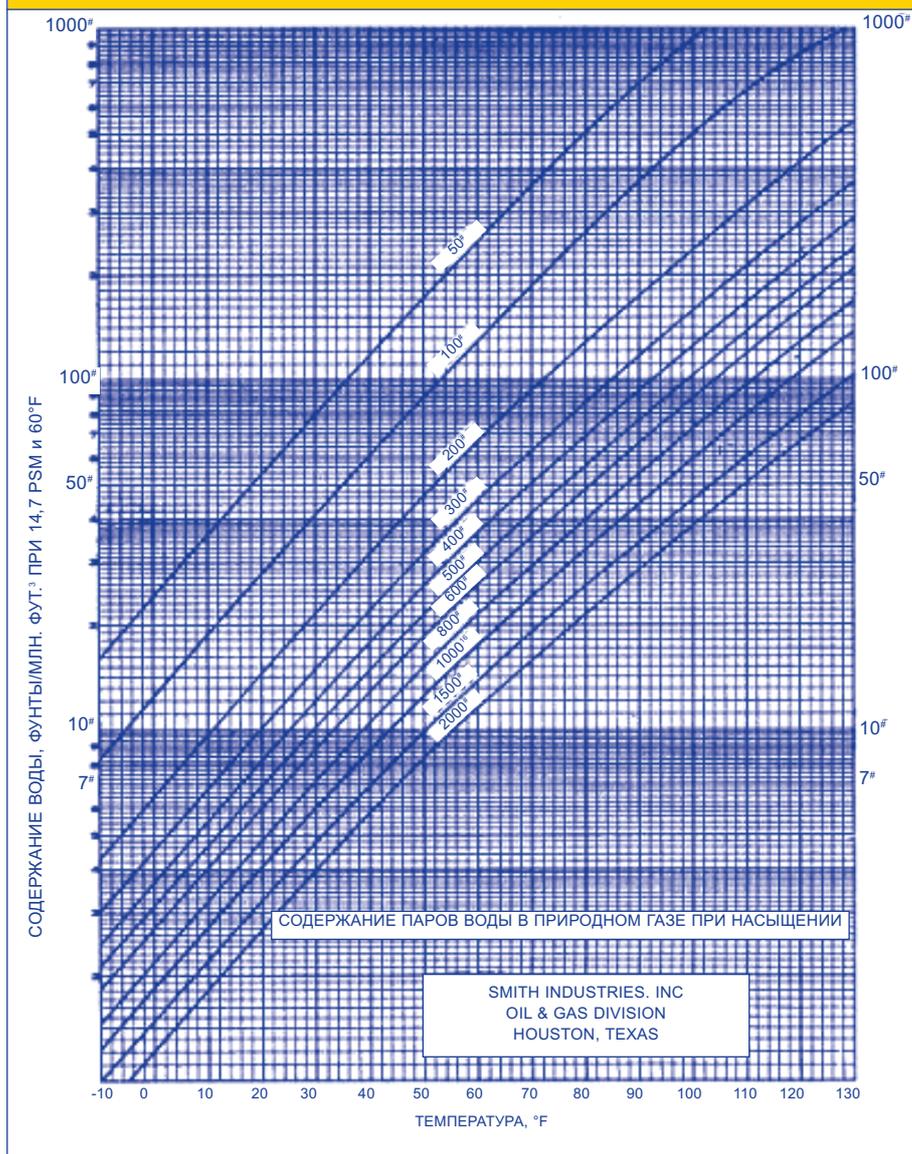
Использование насосов с электродвигателем, заменяющих гликолевые насосы с газовым двигателем, может предоставить значительные эксплуатационные, экологические и экономические преимущества. Партнеры Natural Gas STAR предлагают следующий опыт применения.

- ★ Гликолевые насосы с газовым двигателем часто с экономической выгодой могут заменяться насосами с электродвигателем, если имеется доступный источник электроэнергии.
- ★ Имеются электронасосы с различной производительностью и коэффициентом полезного действия. Поощряется работа операторов с различными компаниями-изготовителями насосов с целью определения наиболее подходящего типа насоса.
- ★ При определении типоразмера насоса с электродвигателем у операторов есть возможность получить насос, который мощнее используемого. Это позволит обеспечить дополнительную циркуляционную способность, которая может оказаться необходимой, если увеличение содержания воды возрастает или истощается.
- ★ Гликолевые насосы с газовым или электрическим двигателем представляют только один элемент системы осушки. Операторы должны учитывать процесс осушки в целом, включая состав гликоля, скорость циркуляции, температуру и давление в контактном фильтре, состав поступающего газа, требования по точке росы и температуру десорбера.
- ★ Партнеры, рассматривающие возможность замены насосов с газовым двигателем насосами с электродвигателем, должны учитывать другие возможности снижения выбросов метана из систем осушки. Смотрите отчет EPA *Optimize Glycol Circulation And Install Flash Tank Separators In Glycol Dehydrators* "Оптимизация циркуляции гликоля и применение сепараторов-расширителей при гликолевой дегидратации" серии "Опыт применения".
- ★ Гликолевые установки осушки газа с испарителями не являются эффективной заменой насосам с газовым двигателем, так как большая часть дополнительно используемого газа осушается или циркулирует.
- ★ Включайте снижение выбросов метана от замены гликолевых насосов с газовым двигателем насосами с электродвигателем в ежегодные отчеты, предоставляемые в рамках Программы партнеров Natural Gas STAR.

Литература

- American Petroleum Institute. Specifications for Glycol-Type Dehydration Units (Spec 12 GDU). July 1993.
- American Petroleum Institute. Glycol Dehydration. PROFIT Training Series, 1979.
- Ballard, Don. How to Improve Glycol Dehydration. Coastal Chemical Company.
- Collie, J., M. Hlavinka, and A. Ashworth. An Analysis of BTEX Emissions from Amine Sweetening and Glycol Dehydration Facilities. 1998 Laurance Reid Gas Conditioning Conference Proceedings, Norman, OK.
- Garrett, Richard. Making Choices—A Look at Traditional and Alternative Glycol Pump Technology.
- Gas Research Institute. Technical Reference Manual for GRI-GLYCalc TM Version 3.0 (GRI-96/0091).
- Gas Research Institute and U.S. Environmental Protection Agency. Methane Emissions from Gas-Assisted Glycol Pumps. January 1996.
- The Hanover Compressor Company. Personal Contact.
- Kimray, Inc. Personal Contact.
- Radian International LLC, “Methane Emissions from the Natural Gas Industry. Volume 15: Gas-Assisted Glycol Pumps” Draft Final report, Gas Research Institute and U.S. Environmental Protection Agency, April 1996
- Rotor-Tech, Inc. Personal Contact.
- Tannehill, C.C., L. Echterhoff, and D. Leppin. “Production Variables Dictate Glycol Dehydration Costs.” American Oil and Gas Reporter, March 1994.
- Tingley, Kevin. U.S. EPA Natural Gas STAR Program. Personal Contact.
- U.S. Environmental Protection Agency. National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Source Categories: Oil and Natural Gas Production and Natural Gas Transmission and Storage-Background Information for Proposed Standards (EPA-453/R-94-079a, April 1997).
- U.S. Environmental Protection Agency. Lessons Learned: Reducing the Glycol Circulation Rates in Dehydrators (EPA430-B-97-014, May 1997).
- U.S. Environmental Protection Agency. Lessons Learned: Installation of Flash Tank Separators (EPA430-B-97-008, October 1997).
- U.S. Environmental Protection Agency. “Methods for Estimating Methane Emissions from National Gas and Oil Systems”. Emissions Inventory Improvement Program, Vol. III, Chapter 3, October 1999

Рис. 3: Шестеренный насос с электродвигателем



Источник: Kimray, Inc.



United States
Environmental Protection Agency
Air and Radiation (6202J)
1200 Pennsylvania Ave., NW
Washington, DC 20460

EPA430-B-03-014
Январь 2004 г.